



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

TEPLOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ BUDOV

WARM AIR HEATING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN BRÁZDA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PAVEL CHARVÁT, Ph.D.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jan Brázda

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Základy strojního inženýrství (2341R006)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Teplovzdušné vytápění budov

v anglickém jazyce:

Warm air heating

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Teplovzdušné vytápění se v minulosti v České republice používalo především pro vytápění průmyslových hal. V současné době je však kombinace větrání a teplovzdušného vytápění poměrně zajímavou alternativou k jiným způsobům vytápění budov a to především u nízkoenergetických staveb. Teplovzdušné vytápění umožňuje využívat nízkoteplotní zdroje tepla neboť, na rozdíl od otopných soustav s otopnými tělesy, pracuje s nižší teplotou teplotonosné látky. Cílem bakalářské práce je poskytnout přehled způsobů teplovzdušného vytápění budov s uvedením jejich hlavních výhod a nevýhod v porovnání s jinými způsoby vytápění.

Cíle bakalářské práce:

Cílem bakalářské práce je provést rešerši různých způsobů teplovzdušného vytápění v budovách a následně provést jejich porovnání s jinými způsoby vytápění budov.

Seznam odborné literatury:

Topenářská příručka, 2001, vydavatel: GAS s.r.o.

McQuiston F.C., Parker J.D., Spitler J.D. Heating, Ventilating, and Air-conditioning, Analyses and Design, sixth edition, John Wiley & Sons, Inc., 2005.

ASHRAE handbooks

Články v odborných časopisech

Materiály výrobců teplovzdušných vytápěcích soustav

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Pavel Charvát, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/15.

V Brně, dne 19.11.2014



doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
Ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
Děkan

ABSTRAKT

BRÁZDA Jan: Teplovzdušné vytápění budov

Cílem bakalářské práce je provést rešerši různých způsobů teplovzdušného vytápění v budovách a následně provést jejich porovnání s jinými způsoby vytápění budov.

KLÍČOVÁ SLOVA: teplovzdušné vytápění

ABSTRACT

BRÁZDA Jan: Warm air heating

The aim of this bachelor thesis is elaboration the different ways of hot air in buildings and then make a comparison with other methods of heating buildings.

KEY WORDS: warm heating

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BRÁZDA, J. *Teplovzdušné vytápění budov*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 42 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Pavel Charvát, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně, dne 15. 5. 2015

.....

Podpis autora

Obsah

Úvod.....	9
1 Historie vytápění	10
2 Co je teplovzdušné vytápění budov	11
2.1 Teplovzdušné vytápění	11
2.2 Teplovzdušné větrání	11
3 Kvalita vnitřního prostředí.....	13
3.1 Teplota	14
3.2 Vlhkost vzduchu	14
3.3 Hlučnost	15
3.4 Teplota okolních ploch.....	16
4 Integrované kompaktní jednotky	17
4.1 Rovnotlaké větrací jednotky	17
4.2 Teplovzdušné vytápěcí a větrací jednotky	17
5 Vytápění koupelny	18
5.1 Vytápění koupelny otopným tělesem	18
5.2 Vytápění koupelny elektrickým podlahovým topením.	18
6 Vytápění kuchyně.....	19
7 Zdroje tepla	20
7.1 Tepelné čerpadlo	20
7.1.1 Tepelné čerpadlo vzduch-voda.....	20
7.1.2 Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch.....	21
7.1.3 Tepelné čerpadlo země- voda	22
7.1.4 Tepelné čerpadlo voda-voda	22
8 Teplovzdušné rozvody.....	24
8.1 Hliníkové flexi potrubí	24
8.2 Izolované hadice.....	24
8.3 Sonoflex	24
8.4 Čtyřhranné rozvody	25
8.5 Plastový rozvod	25
9 Umístění rozvodů.....	25
10 Přívod a odvod vzduchu	26
10.1 Mřížky.....	26
10.2 Kruhová nastavitelná dýza.....	27
10.3 Anemostat	27
10.3.1 Směrový difuzor	28
11 Ohřev teplé užitkové vody	19
12 Vytápění krbem	28
12.1 Krbová vložka	29
12.1.1 Teplovodní krbová vložka.....	30
13 Solární vytápění	31
13.1 Kapalinový solární kolektor	31

13.2	Teplovzdušný solární kolektor.....	32
14	Teplovzdušné vytápění průmyslových objektů	34
14.1	Promíchání vzduchu v místnosti, vířivé ventilátory	34
14.2	Teplovzdušné plynové agregáty.....	35
15	Regulace.....	36
16	Diskuze	38
17	Závěr.....	39
18	Seznam použitých zkratek.....	40
19	Použité informační zdroje	40

Úvod

Každý z nás se s teplovzdušným vytápěním setkal v automobilech. Zato s teplovzdušným vytápěním budov se již tak často nesetkáváme. U domů se daleko častěji setkáme s vytápěním otopnými tělesy. U automobilu se teplá voda ochlazující motor vhání do výměníku tepla uvnitř kabiny. Ventilátor žene vzduch z kabiny automobilu kolem výměníku a vzduch se ohřívá.

Proč má význam se zabývat teplovzdušným vytápěním, když se běžně používají jiné druhy vytápění? V čem je teplovzdušné vytápění lepší a přínosnější pro uživatele než klasické řešení otopnými tělesy? Největší výhodou teplovzdušného vytápění je přímá kontrola parametrů prostředí. Do systému teplovzdušného vytápění můžeme snadno napojit větrání, ochlazování. Můžeme upravovat vlhkost vzduchu. Teplovzdušné vytápění umožňuje také filtrování vzduchu, což u jiných typů vytápění není možné, nebo je jen těžce realizovatelné.

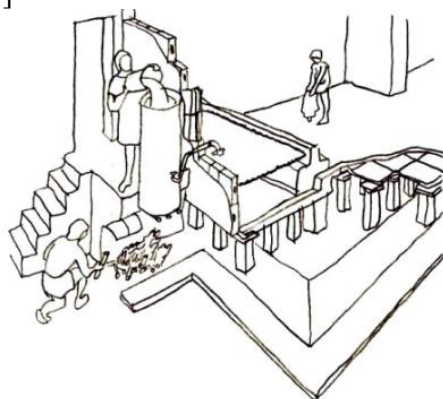
Jednou z hlavních výhod teplovzdušného vytápění je větrání. Proč je nutné řešit větrání? Nutnost řešit větrání již při návrhu domu je v dnešní době již nutností. Tato nutnost vyplývá z používání plastových oken a zateplením budovy polystyrénem. Zateplením obvodového zdiva polystyrénem a používání neprodyšných omítek zabraňuje „dýchání stavby“. Zeď postavená z pálených cihel a opatřená vápeno-cementovou omítkou měla přirozenou vlastnost propouštět vodní páry. Tím se objekt samovolně vysoušel. Druhým důležitým faktorem jsou plastová okna. Ty jsou totiž plynotěsná. Dřevěná okna starších konstrukcí (ať už dvojítná nebo zdvojená) spojovala jedna vlastnost a tou byla netěsnost. Tato netěsnost však plnila velmi důležitou roli. Čerstvý vzduch byl nasáván netěsnostmi v okenním rámu, dále procházel netěsnostmi vnitřních dveří, čímž se dostal do většiny částí budovy. Špinavý vzduch se pak většinou odváděl šachtou, umístěnou v kuchyni, kde byly zároveň odsávány výpary z vaření. Takovýto systém je použit v panelákovém domě. Větrání vytvořené na principu netěsnosti budovy se nazývá infiltrace. Při výměnách starších dřevěných oken za moderní plastová často přibývá problém s plísněmi, které se objevují především v rozích místnosti, kde na povrchu kondenzuje přebytečná vlhkost. Tento problém se dá odstranit dodatečným zateplením obvodového zdiva a odstraněním tepelných mostů. Avšak i při tomto řešení vlhkost zůstává v místnosti, kde může mít negativní vliv nejen na psychiku, ale i na zdraví obyvatel.

Další velkou výhodou teplovzdušného vytápění je nízká teplota teplotonosné látky, proto lze použít jako zdroj tepla tepelné čerpadlo. V letních dnech navíc může reverzní tepelné čerpadlo sloužit pro chlazení vzduchu v místnosti. U teplovzdušného vytápění lze také použít i kombinaci různých zdrojů tepla, což je další velkou výhodou. Některé zdroje tepla se nedají použít jako hlavní zdroj tepla, jako je třeba solární energie nebo teplo získané krby a krbovými kamny. Avšak při využití těchto zdrojů se můžou výrazně snížit náklady na vytápění. Teplovzdušné vytápění umožňuje využít i tyto „nestálé“ zdroje tepla.

1 Historie vytápění

Prvním zdrojem tepla byl otevřený oheň. Otevřený oheň byl používán v indiánských stanech nebo v jeskynních obydlích. Měl však spoustu nevýhod. Hlavní nevýhodou jsou spaliny v přímém kontaktu s vytápěným prostorem. Další nevýhodou je příliš rychlé hoření a teplo rychle uniká. Nutná častá údržba.

Již staří Římané se snažili odstranit nevýhody otevřeného ohně. Budovali důmyslná zařízení k vytápění domů, ale především pro vytápění lázní. Gaio Sergio Orat je považován za vynálezce důmyslného systému vytápění nazvané hypocaustum. Již od 1. stol. př. n. l. se tento systém používal v římských lázních a postupem času i v obytných budovách. Podstata spočívá ve zdvojené podlaze a navazujících průduších ve stěnách, kterými proudí teplý vzduch. Teplý vzduch je produkován topeništěm přilehlým k vytápěné místnosti. Topilo se především dřevem. Dutiny pod podlahou měly značné rozměry. Tyto dutiny sloužily zároveň pro odvod spalin. Na první podlaze vyložené pálenými cihlami byly zhotoveny cihlové pilíře. Na pilířích pak byl následně zhotoven strop, který tvořil podlahu vytápěné místnosti. Spaliny dále proudily dutými cihlami na stěnách místnosti. Pozůstatky z těchto pozoruhodných staveb lze nalézt např. v Římě, v Pompejích a v Řecku. [1]



Obr. 1 Římské hypocaustum [2]

V naší krajině se nejvíce rozšířilo topení otopnými tělesy. Teplá voda ohřátá v kotli se první trubkou rozváděla do jednotlivých otopných těles v místnostech. Druhou trubkou se následně voda z otopných těles vracela zpět do kotle. Proto se tento systém nazývá dvoutrubkový. Lze se však setkat i s jednotrubkovým systémem. Zde jsou možné dvě varianty: obtočný a průtočný systém. U průtočného systému je teplá voda přivedena do nejvýše umístěného otopného tělesa. Odtud voda protéká všemi dalšími otopnými tělesy. Při použití obtočného systému je rozdíl pouze v tom, že trubka není u otopných těles přerušena. Lze tedy otopné těleso vypnout. Jednotrubková soustava má však mnoho nevýhod: špatná regulace, vzdálená otopná tělesa mají vodu již chladnou, a pod.

Objevovaly se však i výjimky. Příkladem může být vila Tugendhad. Zde je použita kombinace teplovzdušného a teplovodního vytápění. Spodní a vrchní patro vily je vytápěno klasickými otopnými tělesy. Prostřední patro je vytápěno teplým vzduchem. Při vytápění středního patra je dále využito i skleníkového efektu. Velká skleněná okna orientovaná na jih a východ vytápějí vzduch za sklem. Tento ohřátý vzduch je následně rozveden po domě. V suterénu se nachází technická místnost, kde se vzduch ohřívá, chladí, zvlhčuje a voní. Tento připravený vzduch je pak vháněn do místností podlahovými průduchy umístěnými nejčastěji pod okny.

2 Co je teplovzdušné vytápění budov

Rozlišujeme hlavní dva typy teplovzdušného vytápění: teplovzdušné vytápění a teplovzdušné větrání. U teplovzdušného vytápění i teplovzdušného větrání je jako teponosná látka použit vzduch.

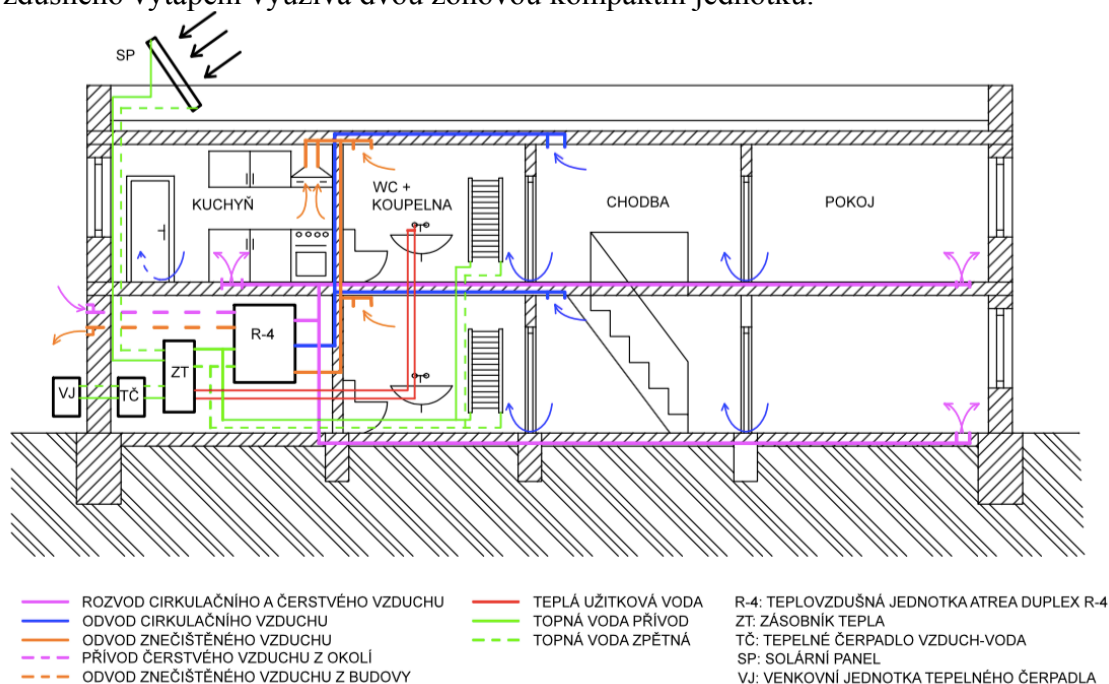
2.1 Teplovzdušné vytápění

Princip teplovzdušného vytápění je založen na cirkulaci vnitřního vzduchu, který se ohřívá případně i jinak upravuje. Přívod čerstvého vzduchu je zde řešen netěsností oken infiltrací a nebo jiným způsobem např. větracím otvorem ve zdivu.

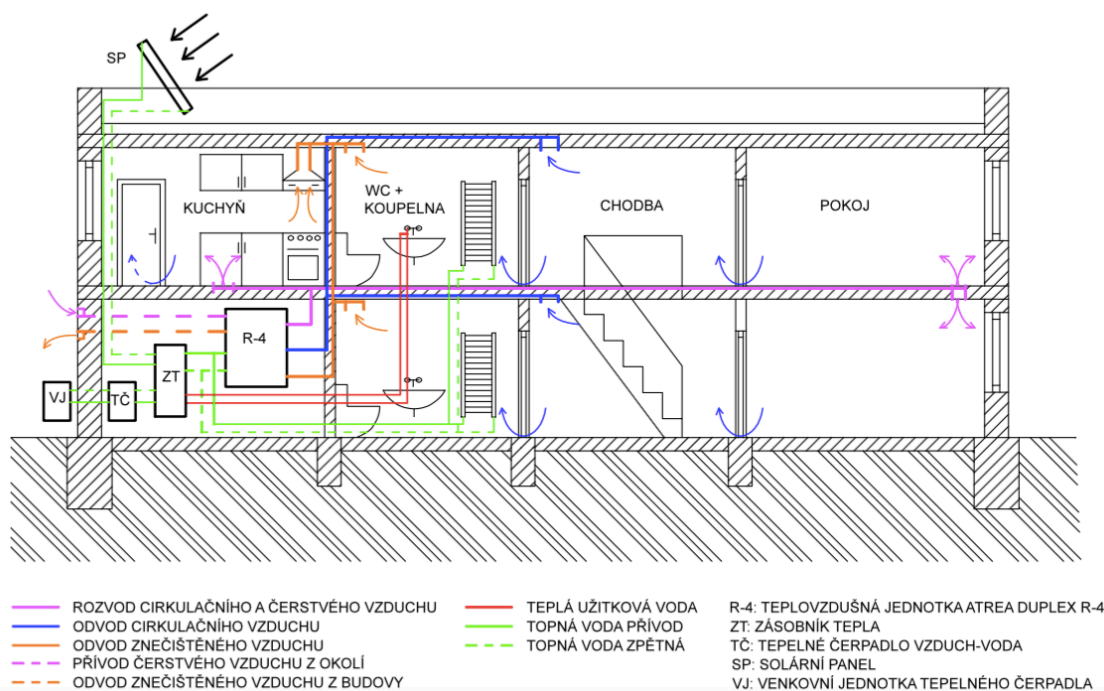
Ohřátý vzduch je vháněn do místností výústkami umístěnými nejčastěji na zemi pod okny. U starších domů, kde je přívod čerstvého vzduchu zajištěn infiltrací, vytváří přívod teplého vzduchu pod okny tepelnou clonu. Rozvod teplého vzduchu po budově je nejčastěji zajištěn netěsnostmi dveří. Dveře musí být bez prahu s dostatečnou mezerou mezi dveřmi a podlahou. Vzduch je pak odsáván na chodbách, v koupelnách a kuchyních. Nevýhodou tohoto systému je, že veškeré vzniklé pachy (např. cigaretový kouř) se opět vhání do místností a rozvádí po celém domě. Časté větrání okny je tedy nutností.

2.2 Teplovzdušné větrání

Při teplovzdušném větrání je teplovzdušné vytápění rozšířeno o řízené větrání. Po většinu času (např. když v domě nikdo není) systém pracuje pouze s vnitřní cirkulací vzduchu. Vzduch z místností je nasáván ohříván a znovu vháněn do místností. Při potřebě čerstvého vzduchu (např. při plném obsazení domu návštěvou, při vaření...) je spuštěno větrání. Při tom se využívá zpětného získávání tepla tzv. rekuperace. Systém teplovzdušného vytápění využívá dvou zónovou kompaktní jednotku.



Obr. 2 Spodní přívod teplého vzduchu



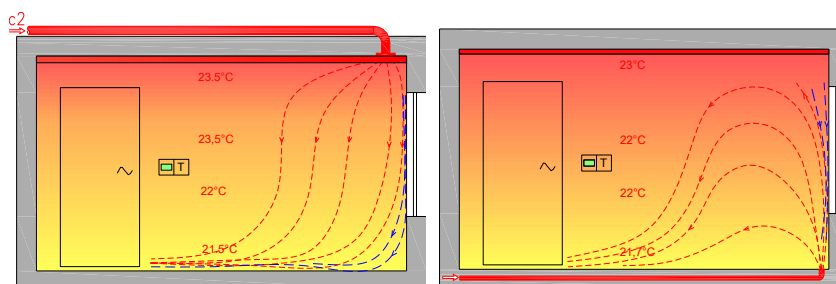
Obr. 3 Kombinace horního a spodního přívodu vzduchu

Na Obr. 2 a 3 je znázorněno teplovzdušné větrání. Rozdíl mezi obrázky je pouze ve způsobu rozvodu vzduchu po domě. Čerstvý vzduch prochází průduchem ve zdivu a je nasáván do dvou zónové teplovzdušné jednotky. Zde tento čerstvý vzduch projde přes rekuperační výměník a následně je smíchán s cirkulačním vzduchem z místností. Na pokrytí tepelných ztrát budovy je vzduch přehříván. Ohřev vzduchu je zde řešen teplovodním výměníkem. Ohřátý vzduch pak opouští teplovzdušnou jednotku a je rozveden do jednotlivých místností. Teplota v místnosti se reguluje množstvím teplého vzduchu proudícího do pokoje pomocí klapky umístěné v mřížce výstky. Teplý vzduch ohřívá místnost a netěsností dveří proniká na chodbu a záchody, kde je vzduch odsáván. Dále je provedeno odsávání vzduchu v kuchyni. Odsávání vzduchu je rozděleno na dvě větve: odpadní a cirkulační. Odpadní nasává vzduch na záchodech, koupelnách a kuchyních a odvádí ho přes teplovzdušnou jednotku mimo budovu v dostatečné vzdálenosti od otvoru nasávajícího čerstvý vzduch. V teplovzdušné jednotce projde vzduch rekuperačním výměníkem a předá své teplo čerstvému vzduchu. Cirkulační větev odsává vzduch na chodbách. V teplovzdušné jednotce projde cirkulační vzduch prachovým filtrem, který zachytí prach a bakterie. Následně je smíchán s čerstvým vzduchem.

Koupelny a záchody jsou vytápěny otopnými tělesy. Topná voda je připravována tepelným čerpadlem vzduch-voda v kombinaci se solárním kapalinovým kolektorem. Podobně můžeme do systému zapojit i krb s teplovodní krbovou vložkou. Topná voda proudí přes zásobník tepla, kde je teplo akumulováno a kde je zároveň ohřívána teplá užitková voda TUV. Rozvod TUV po domě je proveden dvěma trubkami, aby nedocházelo ke chladnutí vody v potrubí. Topná voda proudí do otopných těles v koupelnách a do teplovzdušné jednotky, kde přes výměník ohřívá vzduch.

Přívod teplého vzduchu je možný dvěma způsoby. Dolním přívodem čerstvého vzduchu nebo horním přívodem vzduchu. Na Obr. 4 je porovnáváno rozvrstvení teplot při horním a dolním přívodu vzduchu u rodinného domu. Firma Atrea, která prováděla tento experiment rozvrstvení teplot, zjistila že: „Zvýšení teploty v místnosti je pro obě vari-

anty stejné v rámci rychlosti a rozvrstvení teploty. Nezáleží na přívodu vzduchu – díky malému množství a malé rychlosti proudění není znatelný proud vzduchu. Největší promíchání vzduchu způsobí obyvatel chůzí po místnosti. Rozvrstvení teploty je pro oba systémy přívodu srovnatelné. Pokud bude mít objekt konstrukce v energeticky pasivním standardu, nezáleží na přívodu vzduchu od stropu, nebo od podlahy pro teplovzdušné vytápění.“ [3]



Obr. 4 Porovnání rozvrstvení tepla u rodinného domu. Vlevo s horním přívodem vzduchu. Vpravo se spodním rozvodem vzduchu. [3]

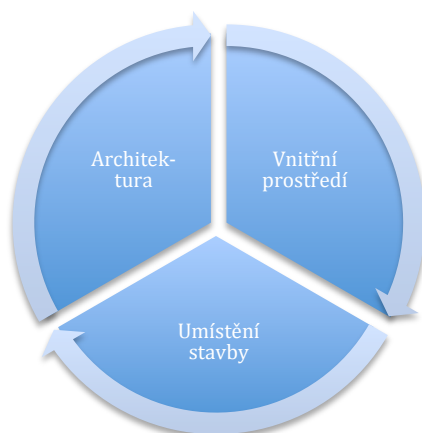
3 Kvalita vnitřního prostředí

Kvalita vnitřního prostředí je velmi podceňována a to i přes fakt, že v dnešní moderní době trávíme značnou část svých životů právě uvnitř budov. Trendem naší „moderní“ doby je snaha dosahovat stále větších a větších pracovních výkonů a zrychlovat postupy k dosahování našich cílů a plánů. Tím více se snažíme odstranit faktory, které nás zdržují od hodnotné práce. Výkyvy v počasí byly již od nepaměti jedním z největších „nepřátel“ výkonnosti člověka“, alespoň tak to většina lidí vnímá. Snahou tedy bylo spoutat nestálé přírodní živly a vytvořit vnitřní prostředí, bez rušivých vlivů. Touto snahou jsme se však dosti odvrátili od přírody, která byla vždy naším největším zdrojem inspirace a nadšení pro naši tvořivou práci. O to větší má být naše úsilí neustále zdokonalovat a zpříjemňovat vnitřní prostředí budov, kde trávíme většinu času svého života. Zlepšování vnitřního prostředí budov je zlepšováním kvality našich životů.

Kvalita ovzduší je také významným faktorem ovlivňujícím hodnotu nemovitosti. Nelze zhotovit skutečně hodnotný dům a zanedbat při tom nutnost větrání a kontrolu kvality ovzduší.

Hlavní faktory ovlivňující cenu nemovitostí jsou dle Obr. 5:

- Kvalita architektonického návrhu: vynalézavost a nápaditost architekta.
- Atraktivita lokality v níž se dům nachází: výhled, ale i podmínky v okolí např. míra kriminality.
- Kvalita prostředí uvnitř budovy.



Obr. 5 Hlavní faktory ovlivňující cenu nemovitosti

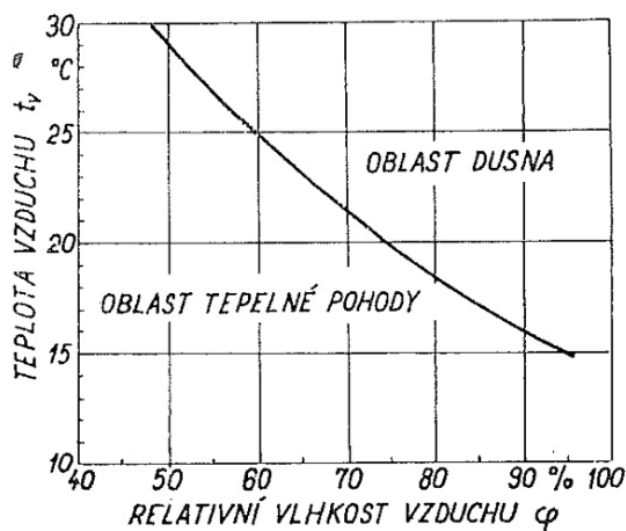
Nelze však jednoznačně rozhodnout, který z těchto tří faktorů je důležitější. Jakýkoliv nedostatek v kterémkoliv zde zmíněném faktoru způsobí pokles ceny nemovitosti a může způsobit i naprostý nezájem kupujících.

3.1 Teplota

Pro tepelnou pohodu člověka není určující určitá konkrétní teplota, protože každý člověk je zvyklý na jinou teplotu. Také při fyzické námaze vnímáme teplotu jinak. Proto je vhodné mít možnost regulovat teplotu podle aktuální nálady. Daleko důležitější je rozvrstvení teplot. Při návrhu vytápění je třeba dbát na to, aby nebyly velké teplotní rozdíly u podlahy a stropu, ale i u stěn a uprostřed místnosti. Velké teplotní rozdíly u podlahy a u stropu jsou často zmiňovanou nevýhodou teplovzdušného vytápění. U rodinných domů to však již neplatí. U moderních staveb, kde je kladen důraz na dobré tepelně izolační vlastnosti obvodového pláště, odstranění tepelných mostů, použití moderních plynotěsných oken a zpětného získávání tepla tzv. rekuperace, již nepotřebujeme vytápět tak intenzivně jako dříve. Některé domy jsou dokonce již dnes primárně vytápěny pouze lidmi a spotřebiči v jednotlivých místnostech. Příkladem můžou být „domy chráněné zemí“, které jsou z větší části pod povrchem a využívají tak příznivých tepelných vlastností zeminy. V dnešních nízkoenergetických a pasivních domech není již znatelný rozdíl teploty u podlahy a u stropu místnosti. [4, 5, 6]

3.2 Vlhkost vzduchu

Relativní vlhkost vzduchu má být v rozmezí 30 – 60 %, jak je uvedeno v [5]. Při nízké relativní vlhkosti se zvyšuje tvorba prachu a můžeme pociťovat štípání očí. V chladných zimních dnech může relativní vlhkost poklesnout pod 30 %. V takovém případě je potřeba vzduch zvlhčovat. Při větší relativní vlhkosti než 60 % se ztěžuje odpařování potu a tím nastává pocit dusna. V teplých letních dnech může být po dešti relativní vlhkost vzduchu větší jak 80 %. V takovém případě je třeba vzduch odvlhčovat. Na Obr. 6 je znázorněna hranice mezi oblastí tepelné pohody a oblastí dusna. [5]



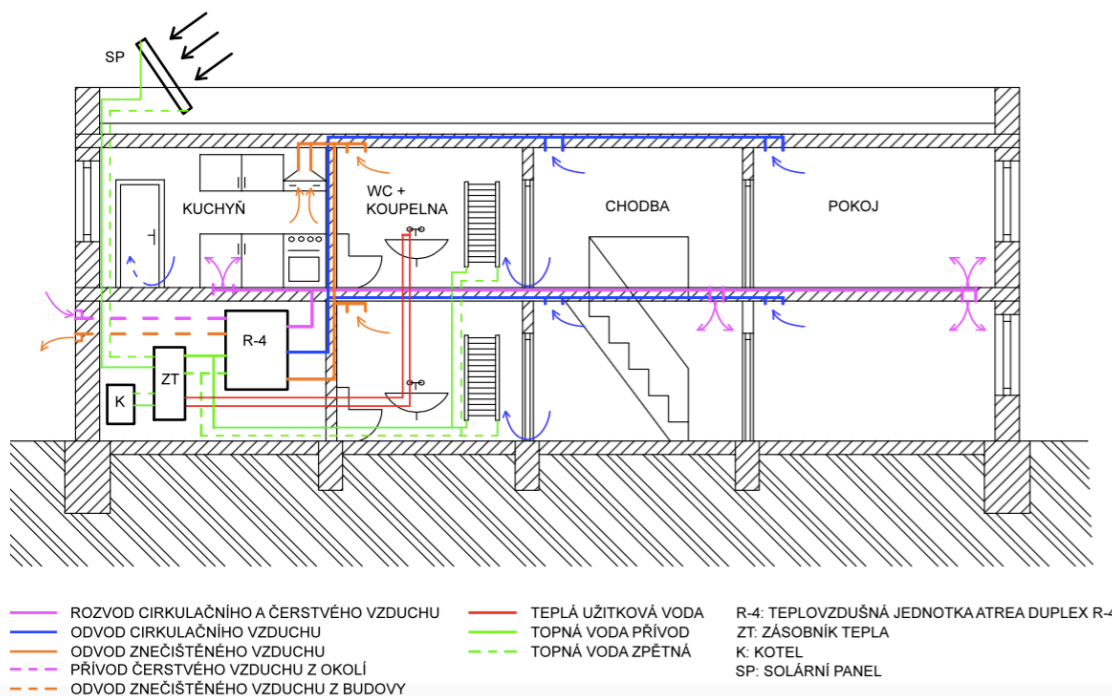
Obr. 6 Hranice tepelné pohody [5]

3.3 Hlučnost

Míra hlučnosti je významným parametrem pohody člověka. Různé zdroje hučení a pís-kání, ale také přenos hluku a zvuků z jiných místností na nás může působit negativně. Hluk může vznikat přímo v budově, ale také v okolí budovy. Je důležité, aby se do bu-dovy nedostával hluk z okolí budovy např. ze silnice. Hluk uvnitř budovy může způso-bovat vzduchotechnické zařízení. Tento hluk se dá minimalizovat použitím potrubí po-hlcující hluk. Také je důležité, aby hluk nebyl přenášen mezi jednotlivými místnostmi.

Přenos hluku mezi jednotlivými místnostmi je považován za nepřekonatelnou nevýhodu teplovzdušného vytápění. To se však dá odstranit použitím již zmíněného potrubí tlumícího hluk anebo volbou vedení rozvodů vzduchu viz Obr. 7. Vzduch je rozveden do místností. V důležitých místnostech je vzduch i odsáván. V méně důleži-tých místnostech jako např. kuchyň je odvod vzduchu zajištěn netěsnostmi dveří.

Je však třeba si uvědomit, že vytápění otopnými tělesy trpí podobným problé-mem. Kovová trubka, která je použita pro rozvod topné vody, přenáší zároveň hluk. Velké plochy otopného tělesa koncentrují hluk z místnosti a trubky je následně roznáše-jí. Panelákový dům má díky použitému těžkému železobetonu velmi dobrou vlastnost tlumit hluk přenášený vzduchem, jako je např. hlas, hudba, televize. Tyto skvělé zvuko-těsné vlastnosti jsou však narušeny potrubím otopných těles. V panelákovém domě je z toho důvodu možné slyšet hlas souseda vzdáleného i několik pater.



Obr. 7 Odsávání vzduchu přímo v pokoji pro zabránění šíření hluku mezi pokoji

3.4 Teplota okolních ploch

Teplota okolních ploch je také významným faktorem ovlivňujícím tepelnou pohodu člověka. Nízká teplota okolních ploch je uváděna jako jedna z nevýhod teplovzdušného vytápění. Teplovzdušné vytápění totiž postrádá sálavou složku přenosu tepla. Otopné těleso, které je zahřáto na určitou teplotu ohřívá vzduch kolem, ale zároveň vysílá teplo v podobě záření. Při dopadu tohoto záření na vzdálený objekt je teplo uvolněno a předmět se ohřívá. Při dnešní kvalitě zateplení obvodového pláště budovy se však nemusíme bát, že tato „nevýhoda“ bude podstatná.

Jako řešení lze použít teplovzdušné vytápění krbem, které již sálavou složku obsahuje.

Velkým vlivem na pohodu člověka má také rychlost proudění vzduchu.

4 Integrované kompaktní jednotky

Kompaktní integrované jednotky jsou již z výroby vybaveny veškerým vzduchotechnickým zařízením, které je pro danou budovu potřeba. Podle typu jednotky můžou obsahovat: protiproudý rekuperační výměník tepla, tlumič hluku, ohřívač, filtr vzduchu, ventilátor, tepelné čerpadlo a pod. Výhodou těchto integrovaných jednotek je snadná montáž, stačí pouze napojit na teplovzdušné rozvody. Zabírají relativně malý prostor. Díky rychlé montáži vycházejí ve výsledku tyto jednotky i přes svou relativně vysokou cenu levnější než montáž ze samostatných celků. Tyto jednotky se umísťují pod stropem, na stěně anebo leží na podlaze. Každá jednotka je však vyrobena pro určité umístění a nelze ji tedy umístit libovolně. Jednotky jsou vybaveny automatickou klapkou by-pass. Tato klapka umožňuje přímé větrání bez průchodu vzduchu rekuperačním výměníkem. Tato klapka slouží v zimním období na odpojení výměníku, kdy hrozí jeho zamrznutí. Dále se využívá v letním období, kdy je v noci výměník odpojen.



Obr. 8 Integrovaná kompaktní jednotka [7]

4.1 Rovnotlaké větrací jednotky

Obsahují rekuperační výměník a ventilátory. Na vstupu a výstupu jsou filtry vzduchu. Tento typ základní jednotky se používá pro větrání. Avšak lze použít i pro vytápění teplým vzduchem. Například u domů chráněných zemí, u kterých je velká snaha vytápět dům po celý rok pouze solárními zisky, neboli teplem které proniká velkými okny orientovanými na jih, může tato základní jednotka sloužit pro rozvod teplého vzduchu po domě. V takovém případě je ale vždy vhodné zahrnout do systému i záložní zdroj vytápění např. krb, elektrický ohřívač vzduchu, plynový ohřívač vzduchu.

4.2 Teplovzdušné vytápěcí a větrací jednotky

Obsahují mimo jiné i zdroj tepla např. elektrický ohřívač, tepelné čerpadlo. Jsou dále vybaveny chladicím zařízením, čidly snímající kvalitu vzduchu, které jsou napojeny na automatickou regulaci. Tyto jednotky mohou pracovat pouze s cirkulujícím vzduchem anebo mohou nasávat vzduch čerstvý.

Příkladem může být teplovzdušná jednotka Duplex R_4 dodávaná firmou Atrea. Tato jednotka je vybavena teplovodním ohřívačem, který se dá použít i pro vodní chlazení v letních dnech. K jednotce je třeba připojit zdroj teplé vody např. tepelné čerpadlo.

Duplex_R4 má řadu vstupů a výstupů. Vstup čerstvého vzduchu nasávaný z okolí budovy. Vstup cirkulačního vzduchu nasávaný v domě. Výstup čerstvého a cirkulačního vzduchu rozváděný do jednotlivých místností. Vstup odpadního vzduchu nasávaného v chodbách, koupelnách a kuchyních. A výstup odpadního vzduchu, který je vyveden mimo budovu. Jednotka má i odvod kondenzátu. [8]

5 Vytápění jiných místností a ohřev TUV

Při teplovzdušném větrání je třeba dbát na to, aby se odváděný vzduch z koupelen a záchodů nevháněl zpět do domu. Tento vzduch se již dál nepoužívá a je odveden ven z objektu. Pro teplovzdušné vytápění koupelen by tedy bylo třeba velkého množství vzduchu, který se již nedá více použít. A proto je koupelna nejčastěji vytápěna jiným způsobem. Např. podlahovým topením, nebo otopným tělesem. V koupelně je však i přes jiný způsob vytápění umístěn odvod vzduchu, který slouží pouze k větrání. Vzduch je zde odsáván pouze v období, kdy je tato místnost používána.

5.1 Vytápění koupelny otopným tělesem

Při vytápění koupelny otopným tělesem je nevýhodou nutnost mít zdroj topné vody. K tomu lze využít tepelné čerpadlo vzduch-voda nebo kotel. Takto připravená topná voda vytápí koupelnu, ale také ohřívá přes výměník vzduch pro vytápění domu. Vzduch je tedy ohříván nepřímo přes topnou vodu. Při použití tepelného čerpadla je však potřeba většího výměníku než při použití kotle. Je to z důvodu, že kotel je schopen připravit topnou vodu o vyšší teplotě. Výhodou je možnost napojit do systému zásobník tepla, který nám dodává teplou užitkovou vodu (pro sprchy a umyvadla). Je tedy potřeba jen jeden zdroj tepla pro vytápění všech místností i ohřev užitkové vody.

5.2 Vytápění koupelny elektrickým podlahovým topením.

Topná rohož je položena na tepelnou izolaci podlahy. Na rohož je nanесena vyrovnávací betonová mazanina, na kterou je již lepena dlažba. [9]

Výhodou elektrického vytápění koupelny je, že nepotřebujeme zdroj topné vody. Proto můžeme použít pro teplovzdušné vytápění domu tepelné čerpadlo vzduch-vzduch.



Obr. 9 Topná rohož [9]

5.3 Vytápění kuchyně

Kuchyň je také zdrojem pachů, které nemohou být dále rozváděny po domě. Avšak dnešní kuchyně jsou součástí obytné části domu. Často jsou spojeny s obývacími pokoji bez dveří a vaří se jen příležitostně. Možností je tedy vytápět kuchyň stejně jako jiné místnosti s tím rozdílem, že odsávání vzduchu u digestoře bude spuštěno při vaření a vzduch bude odveden ven z budovy. Tento vzduch může být odveden z budovy přímo. Tedy otvorem v obvodovém zdivu. Tím však můžeme ztrácet značné množství tepla. Hlavně proto, že otvor ve zdivu tvoří tepelný most. Druhou možností je napojit digestoř do vzduchotechnické jednotky, podobně jako koupelnu. To přináší velkou výhodu v tom, že odsávaný vzduch projde přes rekuperační výměník a tím získáme zpět teplo z místnosti, ale také teplo vzniklé vařením. Ihned za digestoří však musí být filtr mastnoty, který se musí pravidelně udržovat.

5.4 Vytápění garáže

Vytápění dílen a garáží v rodinném domě je třeba oddělit od vytápění obytných částí. Tyto místnosti jsou zdrojem škodlivin a pachů. Podobné místnosti můžeme vytápět odpadním vzduchem. Než odpadní vzduch vstoupí do rekuperačního výměníku je veden těmito neobývatelnými místnostmi, kde předá své teplo a až potom přes rekuperační výměník je odveden mimo dům. Tento způsob však není vhodný, protože je zde riziko, že nebezpečné plyny z automobilu projdou do domu ve chvíli odstávky větrání. Garáže také můžeme vytápět ztrátovým teplem z přilehlých místností. Nebo můžeme vytápět tyto místnosti otopným tělesem nebo elektrickým topením.

5.5 Ohřev teplé užitkové vody

Teplá užitková voda je potřeba pro umyvadla a sprchy. K ohřevu teplé užitkové vody lze použít také tepelné čerpadlo. Lze tedy pohánět jedním tepelným čerpadlem vytápění i ohřev teplé vody viz Obr. 2. Ale je lepší mít pro ohřev teplé užitkové vody samostatné tepelné čerpadlo. Je to z důvodu, že tepelné čerpadlo pro vytápění má větší výkon a tudíž i jeho cena je vyšší. A vzhledem k tomu, že se objekt nevytápí celoročně, máme tendenci šetřit tepelné čerpadlo a tím prodlužovat jeho životnost jeho odstávkou v letních měsících. Je však otázkou zda „šetření tepelného čerpadla“ má smysl. Evropská unie totiž neustále zpřísňuje požadavky na chladicí médium. Starší chladiva jsou stahována z trhu. Tepelné čerpadlo tedy stejně nebude v provozuschopném stavu věčně. I přes jeho funkční stav se může stát, že nebudeme moci koupit nové chladivo. Pokud chceme používat tepelné čerpadlo i pro chlazení v letních měsících, potřebujeme také samostatný zdroj tepla pro ohřev teplé vody. [10]

Jako nezávislý ohřev teplé užitkové vody můžeme použít elektrické průtočné ohřívače, zásobníkové ohřívače vody nebo tepelné čerpadlo pro přípravu teplé užitkové vody viz Obr. 10. Toto zařízení se montuje jako nezávislá jednotka. Teplo je získáváno tepelným čerpadlem v kombinaci s elektrickým ohřevem. Tepelné čerpadlo odebírá teplo z místnosti, kde je zásobník umístěn. Nepotřebuje tedy přívod venkovního vzduchu. Místnost je tím ochlazena o 1 °C až 3 °C. [11]



Obr. 10 Zásobník teplé vody s tepelným čerpadlem. [11]

6 Zdroje tepla

Jako zdroje tepla pro teplovzdušné vytápění lze použít běžných způsobů jako jsou např. elektřina, plyn, kotle na tuhá paliva. Mimo to lze využít i tepelné čerpadlo na jehož použití se v této práci zaměřím.

6.1 Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo získává teplo z okolního prostředí, které je tím chlazeno. Tepelná čerpadla se podle druhu zdroje tepla a teplonosné látky dělí na: vzduch-vzduch, vzduch-voda, země-voda, voda-voda. Každé tepelné čerpadlo obsahuje kompresor. Kompresor může být buď pístový, spirálový, rotační nebo šroubový. Životnost kompresorů se odhaduje podle typu kompresoru cca 15-20 let. Nejdůležitějším parametrem tepelného čerpadla je topný faktor, který udává spotřebu elektrické energie na produkci tepla. [12]

6.1.1 Tepelné čerpadlo vzduch-voda

Teplo je získáváno z venkovního vzduchu. Tepelné čerpadlo může být umístěno celé mimo budovu tzv. venkovní jednotka, anebo může být v tzv. splitovém provedení. To je rozděleno na vnitřní část tepelného čerpadla a venkovní jednotku. Mezi vnitřní a venkovní jednotkou proudí chladivo.

Tepelné čerpadlo odebírající teplo ze vzduchu je závislé na okolním počasí, teplotě okolního vzduchu a také na vlhkosti vzduchu. Topný faktor tedy není stálý. I přesto je toto tepelné čerpadlo nejpoužívanější. [12, 13]



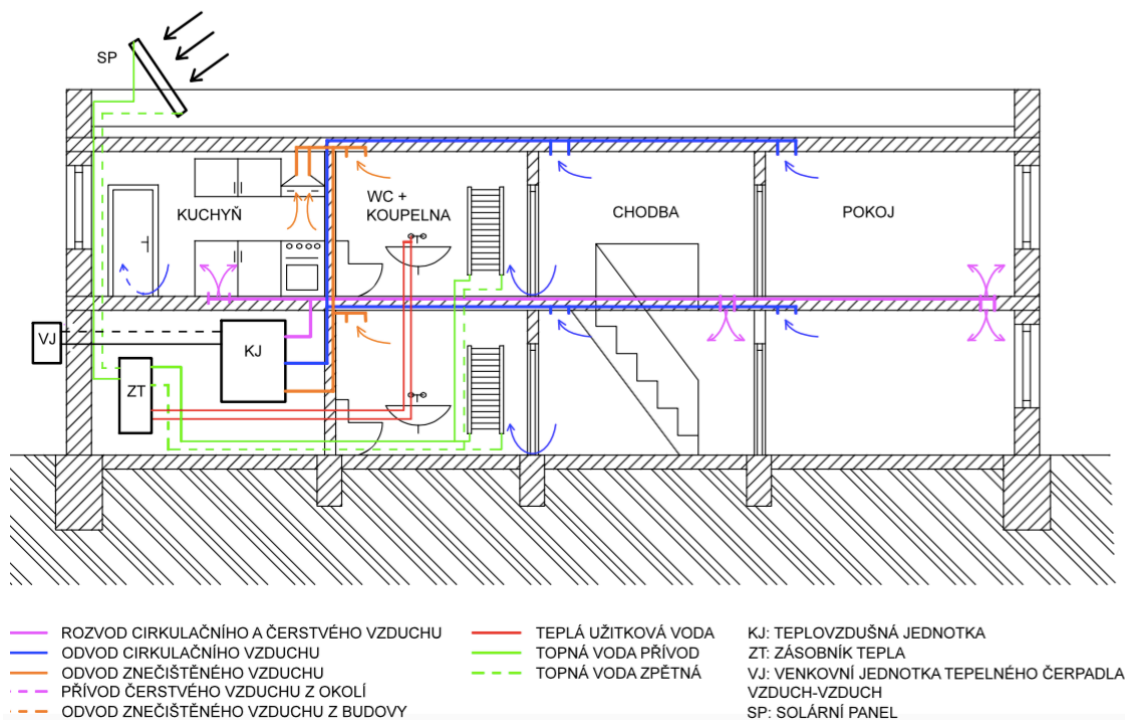
Obr. 11 Vnitřní a venkovní jednotka tepelného čerpadla vzduch- voda [14]

6.1.2 Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch

Zde je teplo také odebíráno z venkovního vzduchu. Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch je provedeno ve splitovém provedení. Má vnitřní a venkovní jednotku. Rozdíl oproti tepelnému čerpadlu vzduch-voda je v tom, že se vzduch v místnosti vytápí přímo. Není tedy už třeba dalšího výměníku pro ohřev vzduchu v místnosti.



Obr. 12 Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch [15]



Obr. 13 Použití tepelného čerpadla vzduch-vzduch

Na Obr. 13 znázorněno použití tepelného čerpadla vzduch-vzduch pro teplovzdušné vytápění. Venkovní jednotka tepelného čerpadla odebírá teplo z venkovního vzduchu. Mezi vnitřní a venkovní jednotkou tepelného čerpadla proudí chladivo. Ve vnitřní jednotce je umístěn kondenzátor, který ohřívá přímo vzduch. Tento ohřátý vzduch je následně rozveden po domě. Vytápění koupelny a ohřev teplé užitkové vody je proveden samostatným zařízením. Výhodou tohoto provedení je možnost dům ochlazovat v teplých dnech. Další velkou výhodou je, že v domě není rozvod topné vody. Nehroží tak zamrznutí a poškození systému vytápění při výpadku vytápění. Tento systém je vhodný pro rekreační objekty, které nejsou obývány celoročně.

6.1.3 Tepelné čerpadlo země- voda

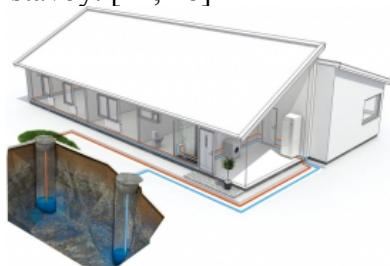
Teplo můžeme získávat hloubkovým geotermálním vrtem hlubokým 50 až 150 m. Je lepší použít menší počet hlubších vrtů, protože teplota hornin v hloubce 150 m je vyšší než v hloubce 50 m. Při použití více vrtů by měly být vrty od sebe dostatečně vzdáleny min. 10 m. Další možností je plošný půdní kolektor. Ten je zakopán v hloubce 1,5-2 m pod povrchem země. Tento kolektor musí být umístěn dostatečně daleko od základů, aby nedocházelo k promrzání základů. Půda se ochlazuje tepelným výměníkem, který je zhotoven z polyuretanového potrubí, kterým proudí nemrznoucí kapalina. [12, 16]



Obr. 14 Tepelné čerpadlo země-voda [17]

6.1.4 Tepelné čerpadlo voda-voda

V místě stavby je nutný dostatečný zdroj kvalitní vody. Voda nesmí obsahovat chemické látky, které by zanášeli potrubí tepelného výměníku. Lze např. využít spodní vody nebo řeky, která však v zimě nezamrzá. Tepelné čerpadlo voda-voda je teoreticky nejúčinnější. Dosahuje se zde nejvyšší úspory energie. Je však velice závislé na hydrogeologických podmínkách v místě stavby. [12, 18]



Obr. 15 Tepelné čerpadlo voda-voda [19]

Pro ohřev vzduchu tepelným čerpadlem voda-voda, vzduch-voda a země-voda je potřeba tepelný výměník viz Obr. 16. Topná voda proudí potrubím tepelného výměníku. Teplo je přenášeno na lamely, které obtéká vzduch. Vzduch je tím zahříván. Vodní výměník se nejčastěji umísťuje přímo v teplovzdušné jednotce.



Obr. 16 Vodní výměník [20]

6.2 Plynové a kondenzační kotle

Klasické plynové kotle a kondenzační kotle spalují nejčastěji zemní plyn. Při spalování vznikají vodní páry. U klasických plynových kotlů je tato vodní pára odváděna společně se spalinami komínem. Tato vodní pára v sobě však obsahuje teplo, které lze dále využít. Kondenzační kotel na rozdíl od klasického plynového kotle využívá toto kondenzační teplo. Topná voda je v kondenzačním kotli předehřívána spalinami. Toho se dosahuje kondenzací vodních par přítomných ve spalinách v kondenzačním výměníku. Z kotle je třeba zajistit odvod kondenzátu. Nevýhodou plynových kotlů je nutnost mít v domě samostatný komín. Stejný komín nemůžeme použít na odvod spalin z krbu a plynového kotle. [21]

6.3 Kotle na pevná paliva

Jsou určeny k přípravě topné vody spalováním pevných paliv jakými jsou hnědé a černé uhlí, brikety, koks, dřevo a dřevní odpad. Vyrábějí se kotle s ručním nebo i s automatickým přikládáním. [22]

7 Teplovzdušné rozvody

Druhy rozvodů:

- Rozvody teplého vzduchu
- Rozvody odpadního vzduchu
- Rozvody cirkulačního vzduchu

7.1 Hliníkové flexi potrubí

Ohebné Al potrubí je určeno pro rozvody horkého vzduchu. Hadici lze dle potřeby libovolně tvarovat, ohýbat a zkracovat. Hadice jsou určeny pro max. teplotu 250 °C. Potrubí je vyráběno v průměrech: 80, 100, 110, 120, 125, 130, 150, 160 mm. [23]



Obr. 17 Hliníkové flexi potrubí [23]

7.2 Izolované hadice

Ohebná Al laminátová hadice s kostrou z ocelového drátu, spirálovitě vinutou mezi dvěma vrstvami několikavrstvého Al laminátu. Potrubí je tepelně izolováno vrstvou minerální vaty tloušťky 25 mm. Zpevněný Al laminát tvoří parozábranu. Odolnost -30 až +250 °C. Potrubí je vyráběno v průměrech: 100, 125, 160 mm. [23]



Obr. 18 Izolované flexi potrubí [23]

7.3 Sonoflex

Odhlučňené tvarovatelné potrubí. Vnitřní hadice je perforovaná jako tlumič hluku. Konstrukce obsahuje parotěsnou zábranu k zabránění kondenzace v hlukové izolaci. Toto potrubí je třeba použít pro rozvod vzduchu mezi místnostmi, aby bylo zabráněno přenosu zvuků mezi jednotlivými pokoji. Minimální účinná délka potrubí je 1 m. Doporučuje se však délka alespoň 3 m. Toto potrubí je také vhodné použít pro vývod vzduchu do místnosti a za ventilátor. [24, 25]



Obr. 19 Potrubí Sonoflex [25]

7.4 Čtyřhranné rozvody

Jsou vyráběné z pozinkovaného plechu. Používá se k rozvodům do dalších místností nebo k čerpání studeného vzduchu. Jednotlivé komponenty čtyřhranných rozvodů se mezi sebou propojují pomocí spojky. Čtyřhranná potrubí se vyrábějí v rozměrech: 150x50 mm a 200x90 mm. Potrubí jsou vyráběná v délkách 100 cm a 50 cm. Potrubí je možné izolovat Izolačním rukávem, zabráňujícím nežádoucímu přenosu tepla a ochlazení teplovzdušných větví. Tloušťka izolace je cca. 2 cm. [23]

7.5 Plastový rozvod

Můžeme se setkat i s plastovým potrubím. Toto potrubí je drážkováno, aby byla zajištěna ohebnost potrubí.

7.6 Umístění rozvodů

Rozvody se umísťují v podlaze viz. Obr. 20. Nebo se zavěšují pod stropem ve sníženém podhledu.

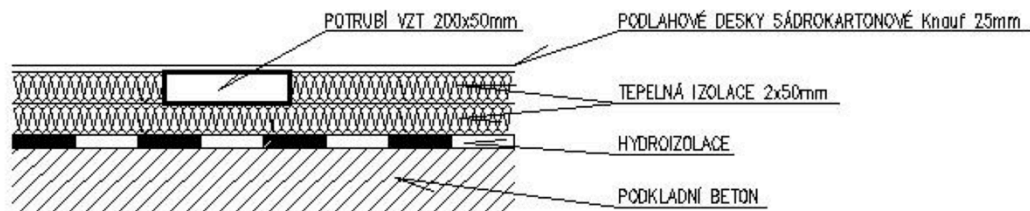


Obr. 20 Čtyřhranný podlahový rozvod [26]

Doporučená skladba podlahy na terénu:

- podkladní betonová vrstva
- hydroizolace
- tepelná izolace min. 100 mm
- nášlapná vrstva podlahy

První vrstva tepelné izolace v tloušťce 50 mm je celistvá. Na tuto vrstvu je kladeno potrubí. Další vrstva tepelné izolace je v tloušťce potrubí uložena mezi potrubím. V případě podlahy nad vytápěným prostorem stačí tepelná izolace v tloušťce 50 mm uložena mezi potrubím. Je však třeba oddělit potrubí od betonové vrstvy cca 2 mm mirelonu. [27]



Obr. 21 Skladba podlahy [27]

8 Přívod a odvod vzduchu

K přívodu a odvodu vzduchu z místnosti se používají vyústky. Hlavní typy vyústek jsou mřížky, dýzy, štěrby, anemostaty, směrový difuzor.

8.1 Mřížky

Mřížky jsou venkovní a interiérové. Venkovní mřížky nasávají vzduch z venkovního prostoru. Tyto mřížky musí zachytit hrubé nečistoty jako je např. listí, hmyz. Dále musejí být odolné proti vniknutí vody i při vydatném dešti. Také je třeba zajistit, aby nasávaný vzduch měl požadovanou kvalitu. Není proto vhodné umísťovat nasávací mřížku ze silnice, kde by docházelo k nasávání zplodin, prachu, ale také k šíření hluku. Interiérové mřížky používáme pro rozvod vzduchu po domě. Umísťují se na podlaže, stropu nebo ve stěně. Mřížky mohou být vybaveny regulovatelnými žaluziemi, aby byla možnost regulace množství vháněného vzduchu do místnosti.

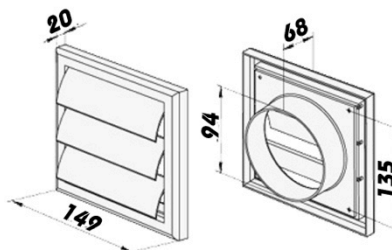
Ventilační mřížka s pevnou žaluzií



Ventilační mřížka s pohyblivou žaluzií



Obr. 22 Interiérová mřížka [28]



Obr. 23 Venkovní mřížka [29]

8.2 Kruhová nastavitelná dýza

Dýzy slouží pouze pro přívod vzduchu do místnosti. Díky velké dofukové vzdálenosti jsou dýzy vhodné pro velké a vysoké prostory např. letiště, kavárny, kina, divadla, nákupní centra, průmyslové podniky. Dýzy se vyrábějí kruhové nebo hranaté. [30]



Obr. 24 Kruhová dýza [31]



Obr. 25 Hranatá dýza [32]

8.3 Anemostat

Anemostat slouží pro přívod vzduchu do místnosti. Díky svému tvaru dochází k rozptýlení teplého vzduchu. Vyrábějí se v kruhovém a čtvercovém provedení. Umísťují se na strop nebo na stěnu.

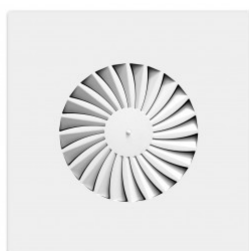


Obr. 26 Kruhový anemostat [33]

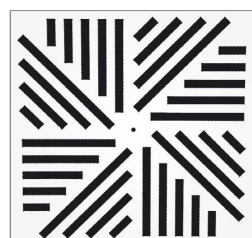


Obr. 27 Čtvercový anemostat [34]

Dále se vyrábějí vířivé anemostaty viz Obr. 28. Ty vynikají rychlou výměnou velkých objemů vzduchu u malých i velkých místností. Vířivé anemostaty jsou dostupné s pevnými nebo pohyblivými lamelami. Jsou dostupné i vířivé anemostaty s termickou regulací, které mají lamely ovládané servomotorem a jejich poloha závisí na teplotě vzduchu. [35]



Obr. 28 Vířivý anemostat [36]



Obr. 29 Vířivý anemostat [37]

8.3.1 Směrový difuzor

Je složen z mnoha malých trysek. Každá tryska lze nastavit nezávisle na ostatních. Tím lze docílit požadovaného směru proudění. Celkové nastavení trysek lze provést do jednoho, dvou, tří nebo čtyř směrů. Nastavení do dvou směrů se používá v rohu místnosti. Nebo lze trysky nastavit do kruhu, tím se vytváří vír. [38]



Obr. 30 Směrový difuzor [38]

9 Vytápění krbem

Rodinný dům můžeme vytápět i krbem. Buď v kombinaci s jiným zdrojem tepla, a nebo můžeme topit pouze krbem.

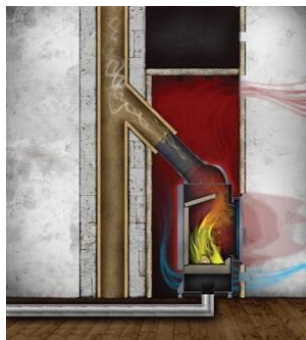
Výhodou použití krbu je přítomnost sálavé složky vytápění, které obecně při teplovzdušném vytápění chybí.

Princip teplovzdušného vytápění krbem spočívá v přivedení čerstvého nebo cirkulačního vzduchu do prostoru krbové vložky, kde se vzduch ohřívá. Tento již ohřátý vzduch je dále potřeba rozvést po domě. To lze provést dvěma způsoby: samotíží dle Obr. 31 nebo nuceným oběhem s ventilátorem. Pokud chceme vzduch po domě rozvádět samotíží, bez použití ventilátoru, může být potrubí dlouhé max. 6m a to za předpokladu vedení vždy nahoru. V případě, že použijeme externí ventilátor, může být rozvod dlouhý až 30m. Záleží však na typu a výkonu ventilátoru. Při volbě ventilátoru je nejdůležitější jeho výkon. Neboli kolik vzduchu je ventilátor schopen dodat za 1 hodinu. Je třeba aby použitý ventilátor byl schopen vyměnit vzduch ve vytápěné místnosti min. třikrát za hodinu. Např. pokud budeme chtít vytápět prostor o objemu 200 m^3 , budeme potřebovat ventilátor, který je schopen dodat $600 \text{ m}^3/\text{hod}$. [39]



Obr. 31 Teplovzdušné vytápění krbem při využití samotíže [39]

Při použití teplovzdušného krbu je třeba, aby nasávaný vzduch prošel filtrem ještě před ohřevem v krbu. Je to z důvodu, že při teplovzdušném vytápění dochází k promíchání vzduchu v místnosti a tím dochází ke zviření prachu. Prach a hmyz přítomný v krbové vložce se začne pálit a dochází k vytvoření pachu, který je následně rozveden po domě. Teplý vzduch je vháněn do místnosti odkud musí opět unikat. Odvod vzduchu se nejčastěji řeší netěsnostmi dveří. Pokud nezajistíme dostatečný odvod vzduchu, je velmi těžké místnost, do které je teplý vzduch vháněn vytopit. Všechny výdechy musí být uzavíratelné, aby byla možnost regulovat teplotu v místnosti. Jako pojistka pro případ, že by byly všechny výdechy uzavřeny, se výdech na krbu dělá uzavíratelný. [40]



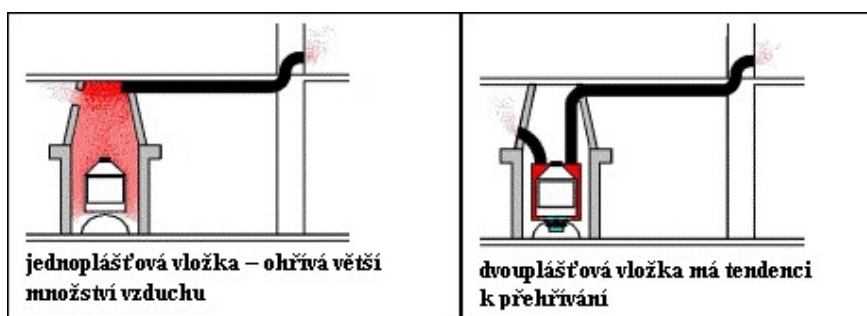
Obr. 32 Teplovzdušný krb [41]

9.1 Teplovzdušná krbová vložka

Jednoplášťová: obvykle se pomaleji rozehrívá, zato má větší akumulační schopnost, takže topí i po vyhasnutí. Mezi krbovou vložkou a obezdívkou je při stavbě potřeba nechat asi 6-8 cm mezeru, která zaručuje ochlazování vložky proudícím vzduchem. Jednoplášťová vložka je pro teplovzdušné vytápění vhodnější.

Dvouplášťová: Vzduch se zde ohřívá mezi dvěma plášti. Prostor mezi plášti je zde menší než u jednoplášťové vložky a proto se vzduch rychleji vrací zpět do místnosti, která je

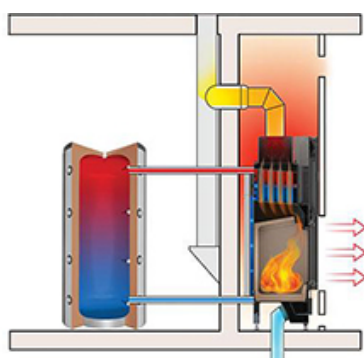
rychleji vytopena. U dvouplášťové vložky však hrozí riziko přehřátí, proto je potřeba používat ventilátor. Nevýhodou je tedy závislost na elektrickém proudu. Při výpadku proudu hrozí přehřátí a poškození vložky. [42]



Obr. 33 Jednoplášťová a dvouplášťová krbová vložka [43]

9.2 Teplovodní krbová vložka

V topeništi je umístěn výměník, kterým proudí topná voda. Voda se ohřívá a proudí do akumulární nádrže. Tímto způsobem můžeme vytápět koupelny, kde jsou použity otopná tělesa. Můžeme ohřívat teplou užitkovou vodu. A při použití tepelného výměníku voda – vzduch můžeme ohřívat vzduch a jím vytápět objekt. Výhodou teplovodního krbu je snadné zkombinování s jinými zdroji tepla.

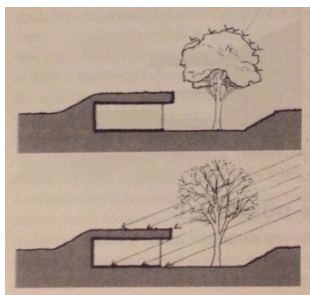


Obr. 34 Teplovodní krb [44]

10 Solární vytápění

Slunce může sloužit jako zdroj tepla pro vytápění. Jedním ze způsobů je použití kapalinových nebo teplovzdušných solárních kolektorů.

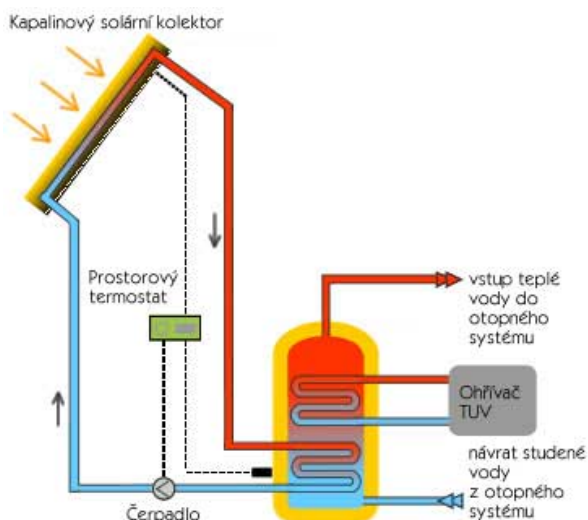
Další možností je využití tzv. skleníkového efektu. K tomu je třeba velkých skleněných ploch orientovaných na jižní světové straně jako je např. ve vile Tugendhat. Sluneční paprsky pronikající sklem dopadají na předměty uvnitř domu, které jsou tím zahřívány. Ty pak následně vyzařují tepelnou energii do okolí. Sklo následně toto teplo odrazí zpět do místnosti. Tím se zahřívá vzduch za sklem, který je vzduchotechnickým systémem rozveden po domě. Tento druh vytápění je v provozu nejenom v zimním období, ale i přes celý rok. Proto je třeba vybudovat nějaký regulační prvek. Tím můžou být např. opadavé stromy vysazené před okny viz Obr. 35. V zimním období strom bez listů propouští většinu slunečních paprsků. Naopak v letním období jsou okna zastíněna stromem.



Obr. 35 Regulace solárních zisků vegetací [6]

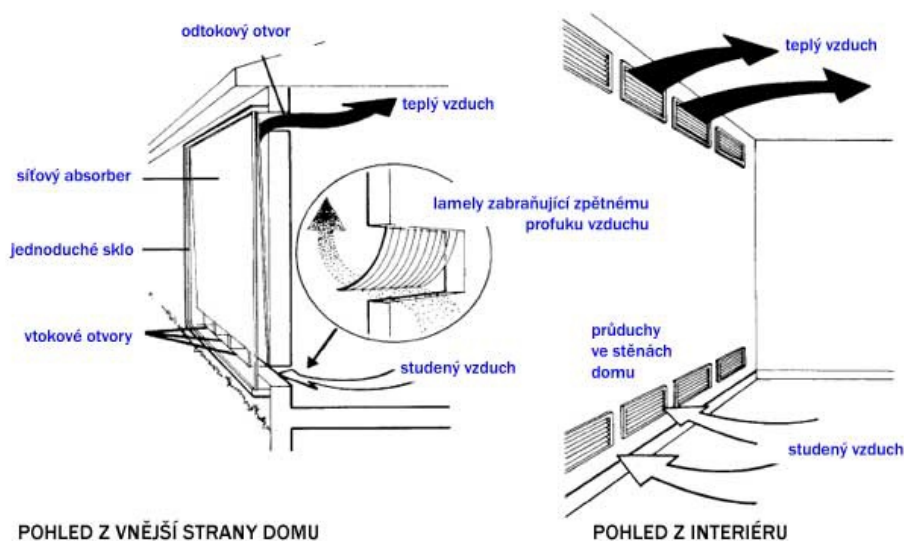
10.1 Kapalinový solární kolektor

Jsou vhodné pro solární vytápění, solární ohřev teplé užitkové vody a ohřívání bazénů. Rozlišujeme dva druhy kapalinových solárních kolektorů: deskové a trubicové. Deskové kolektory jsou svou konstrukcí jednodušší, a proto jsou i levnější než trubicové. Deskový kolektor má však nižší účinnost než trubicový. V praxi se více používají deskové kolektory. [45]



Obr. 36 Kapalinový solární kolektor [46]

10.2 Teplovzdušný solární kolektor

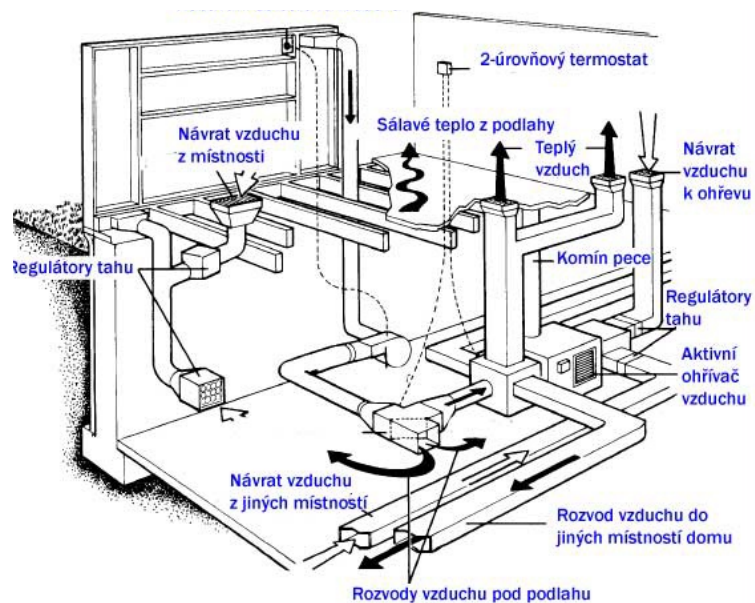


Obr. 37 Teplovzdušný solární kolektor montovaný na stěnu [47]

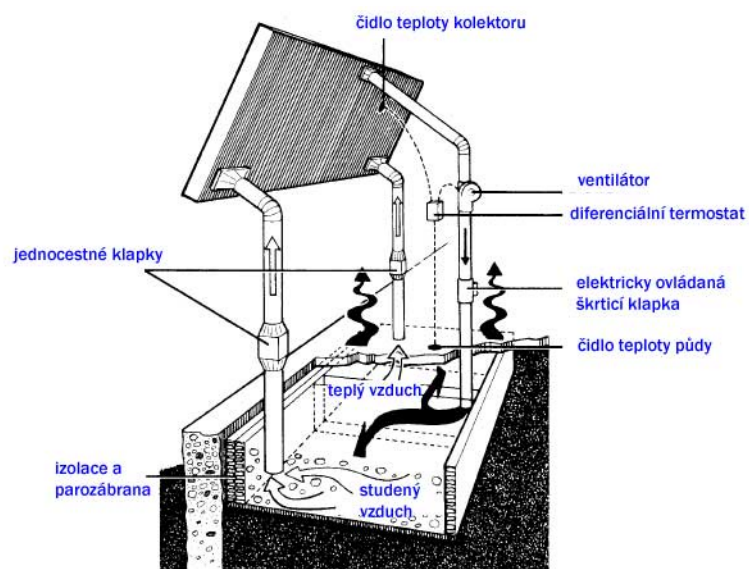
Teplovzdušné solární kolektory mají velkou tradici v severských zemích, kde slouží k celoročnímu temperování objektů vzdálených od elektřiny, plynu a jiných běžných zdrojů tepla. Výhody solárních kolektorů: neobsahují kapalinu, a proto u nich nehrozí zamrznutí a poškození mrazem. Konstrukční jednoduchost. Nejsou u nich kladeny nároky na těsnost, odolnost vůči vysokým tlakům. Jejich výroba je tedy mnohem levnější než u kapalinových kolektorů. Teplovzdušné kolektory jsou velice spolehlivé a vyznačují se dlouhou životností. [47]

Teplovzdušné kolektory lze využít pro:

- Temperování objektu: trvalé prodění ohřátého vzduchu chrání dům proti zamrznutí. Viz. Obr. 37
- V kombinaci s jiným typem vytápění se pak může podílet na vytápění objektu tzv. Aktivní teplovzdušný solární systém viz Obr. 38
- Vyhřívání chodníků, střeš a jiných ploch: rozvody teplého vzduchu jsou umístěny pod dlažbou chodníků nebo pod střešní krytinou viz Obr. 39



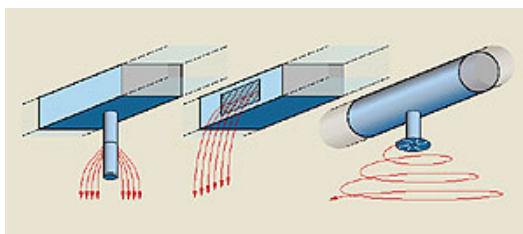
Obr. 38 Aktivní teplovzdušný solární systém [47]



Obr. 39 Solární teplovzdušný kolektor pro vyhřívání chodníků [47]

11 Teplovzdušné vytápění průmyslových objektů

Při teplovzdušném vytápění prostor s vysokými stropy jakými jsou např. výrobní haly, sklady, supermarkety se teplý vzduch vhání do vytápěného prostoru dle Obr. 40.



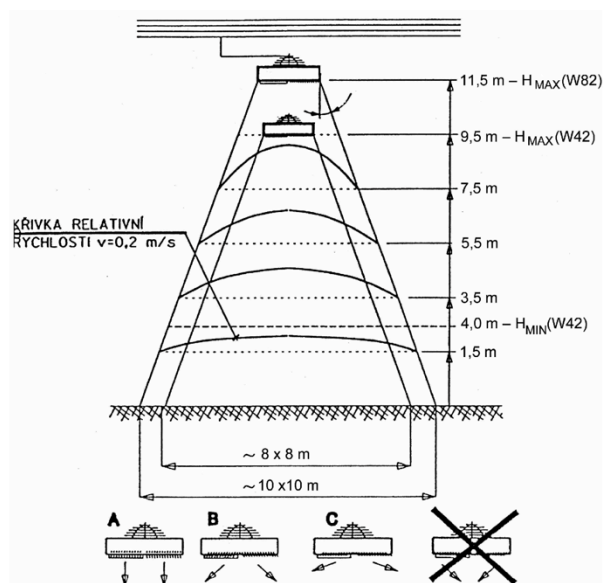
Obr. 40 Způsoby přívodu teplého vzduchu [48]

Teplý vzduch má tendenci stoupat ke stropu budovy. Tím však vzniká u budov s vysokými stropy nepříznivý efekt hromadění teplého vzduchu u stropu místnosti. Tím vzniká polštář teplého vzduchu, který může mít teplotu např. 30°C zatímco teplota u podlahy, tedy v místě pobytu lidí má jen 15°C. V krajních případech může teplota u podlahy klesat i pod 10 °C. Tento nepříznivý efekt způsobuje značné ztráty tepla a ne-hospodárnost celého vytápění. Výrobní haly mají často jednoplášťovou střechu s nedostatečnou tepelnou izolací střešního pláště. To je dáno také tím, že u většiny velkých průmyslových objektů je často jedinou možností, jak přivést přirozené světlo, právě střecha. V letním období pak zase naopak vniká střešní konstrukcí do objektu velké množství tepla. Proto je vhodná dvouplášťová střecha se vzduchovou mezerou. Zvyšuje celkový tepelný odpor, avšak zvyšuje se tím celková tloušťka zastřešení, což může komplikovat prosvětlení střešními okny. Hromadění teplého vzduchu u stropu místnosti se dá zabránit vhodným rozprouděním vzduchu. Např. pomocí ventilátoru u stropu místnosti. [4 str.712]

11.1 Promíchání vzduchu v místnosti, vířivé ventilátory

Pro zvýšení hospodárnosti vytápění průmyslových hal nebo jiných velkoprostorových objektů se dají použít vířivé ventilátory vhodně umístěné v nejvyšších místech vytápěného objektu. Vířivý ventilátor vrací teplý vzduch hromadící se u stropu zpět do oblasti pobytu člověka.

Na spodní straně skříně ventilátoru se nacházejí nastavitelné žaluzie. Úhel nastavení žaluzie umožňuje nastavení proudění vzduchu. Na Obr. 41 Je uvedeno proudění vzduchu pod ventilátorem. [4]



Obr. 41 Zóny zaplavení vířivými ventilátory [4]

11.2 Teplovzdušné plynové agregáty

V jedné kompaktní jednotce je umístěn plynový ohřivač a radiální ventilátor. Tato jednotka se umísťuje přímo ve vytápěném prostoru. Je napojená na rozvod plynu a spaliny jsou odváděny do komína. Je vhodná pro ekonomické vytápění průmyslových objektů jako např. skladů, dílen nebo sportovních hal. Výhodou je vysoká pružnost vytápění a možnost využít jednotku v teplých dnech pro větrání. Nevýhodou je vysoká hluchost a víření prachu. [49, 50]



Obr. 42 Teplovzdušný plynový agregát [50]

12 Regulace

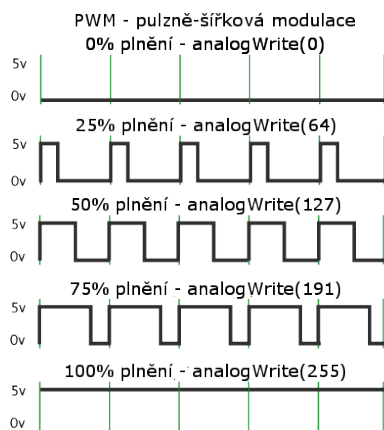
Plné využití výhod teplovzdušného větrání zajišťuje vhodná regulace. Regulujeme především teplotu v místnosti, ale také větrání nebo relativní vlhkost vzduchu. Při regulaci využíváme čidla teploty, vlhkosti, množství CO_2 a další. Regulace teploty v místnosti lze provádět např. pomocí regulátoru průtoku viz Obr. 43 v kombinaci s regulací produkovaného tepla v centrálním ohřívači. Je však snahou navrhovat celý systém s konstantním průtokem a regulovat vytápění výkonem ohřívače podle venkovní teploty. Změna průtoku v jedné místnosti totiž může ovlivnit průtoky v jiných místnostech. Hrubé nastavení průtoků se provádí volbou potrubí při návrhu. Jemné doladění se provádí klapkami umístěnými ve výústce.



Obr. 43 Regulátor průtoku vzduchu [51]

Při vytápění objektu, kde používáme centrálního rozvodu teplého vzduchu, jsou vyvedeny jednotlivé odbočky do jednotlivých místností. Za každou odbočku je regulátor průtoku, který omezuje množství vzduchu proudícího do místnosti. Nebo můžeme regulovat množství proudícího vzduchu pomocí řízení otáček ventilátoru. To provádíme pomocí pulzních měničů tzv. PWM regulace nebo změnou napětí. [52]

PWM regulace je založena na pravidelném zapínání a vypínání elektrického obvodu viz Obr. 44. Frekvence zapínání a vypínání obvodu je stále stejná, ale mění se poměr času „zapnuto“ ku času „vypnuto“. Tato regulace umožňuje regulaci od 0 do 100 % dodávané energie. Jednoduché PWM regulátory lze sestavit např. z integrovaného časovače NE555. PWM regulátor vždy potřebuje výkonovou spínací součástku, kterou může být např. bipolární tranzistor, unipolární tranzistor, IGBT tranzistory, tyristory, triaky nebo diaky. Tyristory, triaky a diaky slouží pro pulzní řízení střídavých obvodů. [53]



Obr. 44 PWM regulace [54]

Při solárním vytápění je třeba odpojovat solární kolektor v chladných dnech kdy nesvítí slunce. V takových dnech by solární kolektor pracoval jako chladič. Tuto regulaci provádíme pomocí elektromagnetického ventilu, který je řízen elektrickým signálem. Tento ventil má dva stavy: plně zavřený a plně otevřený. Řídící signál má podle druhu elektromagnetického ventilu ovládací napětí okolo 24 V. Čidlo teploty umístěné v blízkosti slunečního kolektoru nebo přímo v něm poskytuje informaci o teplotě. Tato teplota je následně srovnávána s nastavenou teplotou.

Teplovzdušné větrání můžeme regulovat i nadřazenými systémy. Jako je třeba digitální regulátor viz Obr. 45. Tento regulátor se umísťuje na stěnu a je vybaven digitálním displejem pro snadné nastavování. Tyto systémy mohou být spojeny s počítačem. Velice zajímavou možností je regulace pomocí chytrých telefonů. [55]



Obr. 45 Digitální regulátor [55]

13 Diskuze

Teplovzdušné vytápění je ideální alternativou vytápění především pro ty, kteří mají vysoké nároky na kvalitu bydlení. Díky snadné možnosti přivést do domu čerstvý vzduch, můžeme udržovat příjemné vnitřní mikroklima.

Vytápění založené na teplovodním nebo elektrickém principu, jakými jsou např. otopná tělesa, podlahové topení, nástěnná topení, elektrické zářiče apod. neumožňují větrání, které se dnes již nedá zanedbávat. V dřívějších dobách bylo větrání zajištěno netěsností oken a dveří. V dnešní době kdy se používají plynotěsná okna a obvodový plášť budov se neustále více zatepluje, není již tento způsob větrání možný. Další možností větrání při použití otopných těles je vybavit dům nuceným větráním. K tomu je zapotřebí větrací jednotka s rekuperací tepla a rozvod vzduchu po domě. Tato varianta je však dosti nákladná. A je tedy daleko výhodnější po stránce konstrukční i finanční používat teplovzdušné větrání, kde stejný teplovzdušný rozvod po domě dopravuje čerstvý i teplý vzduch určený pro vytápění. Teplovzdušné větrání, jako jiné způsoby řízeného větrání, umožňuje při monitorování koncentrací škodlivin ve vzduchu udržovat tyto koncentrace pod nastaveným limitem, ale to zpravidla vyžaduje dodatečnou montáž čidel a regulace. Teplovzdušné vytápění také snižuje prašnost v domě, v teplých dnech umožňuje chlazení a při přidávání vonných esencí do rozváděného vzduchu můžeme dosahovat vyvolání příjemných pocitů obyvatel. U jiných způsobů vytápění to nelze vůbec nebo jen obtížně.

Vytápění otopnými tělesy, je naproti tomu lepší v regulaci teploty. Teplovzdušné vytápění také vyžaduje větší údržbu než jiné způsoby vytápění. Je třeba pravidelné čištění potrubí a filtrů vzduchu. Je však otázkou, jestli je to opravdu nevýhoda anebo výhoda. Teplovzdušné vytápění čistí vzduch v místnosti, a proto není potřeba tak častý úklid. Prach již není rozmístěn po celém domě, ale je shromažďován ve filtru vzduchu.

Při teplovzdušném vytápění se však nevyhne použití kombinace s teplovodním nebo elektrickým systémem vytápění. Například v koupelnách a záchodech se teplovzdušné vytápění nepoužívá a vytápění je provedeno buď podlahovým topením nebo otopným tělesem.

Při rekonstrukcích starších domů, které mají vysoké stropy není problém ve sníženém podhledu umístit teplovzdušné rozvody pro vytápění teplým vzduchem. Při rekonstrukci novějších budov s nízkými stropy se můžou vyskytnout konstrukční problémy, které použití teplovzdušného vytápění ztěžují. U novostaveb není problém teplovzdušné vytápění začlenit do stavební konstrukce.

Hlavním důvodem, proč si svůj vlastní dům nebo kancelář vybavit teplovzdušným vytápěním není vytvořit „ukázkový dům nových technologií“, který bude po mnoho let naší chloubou, ale především posloužit, v co největší míře obyvatelům domu. Poskytnout vhodné prostředí pro odpočinek a práci. Zvýšit motivaci obyvatel pro práci a běžné aktivity plnohodnotného života. Cílem teplovzdušného vytápění je tedy udržovat příjemné prostředí v domě a tím se starat o psychiku, vyrovnanost a harmonii obyvatel domu.

14 Závěr

Teplovzdušné vytápění je v dnešní době velmi zajímavým způsobem vytápění. S rozvojem moderních technologií se nám otevírají nové možnosti především v regulačních systémech. Jsem přesvědčen o tom, že teplovzdušné vytápění v sobě ukrývá ohromný potenciál. Především při vytápění rodinných domů, kde možnost větrání a hlídání parametrů vzduchu je v dnešní době velice důležitá.

Často je však slyšet spousta nevýhod teplovzdušného vytápění, díky kterým většina investorů teplovzdušné vytápění zavrhuje. Většina z těchto „nevýhod“ však již není aktuální a dají se snadno odstranit. V této práci popisuji řešení některých často slychaných nevýhod teplovzdušného vytápění. Dále uvádím, jaké parametry vzduchu mají být dosaženy při teplovzdušném vytápění. Popisuji také více možností distribuce vzduchu po domě. Zmiňuji se o možnosti vytápění koupelen a záchodů a ohřevu teplé užitkové vody. V práci jsem se zaměřil především na použití tepelných čerpadel, ale také na využití alternativních zdrojů tepla jako jsou solární a krbový ohřev. Také uvádím přehled použitelných komponentů pro stavbu teplovzdušných rozvodů. Zaměřil jsem se zde především na teplovzdušné vytápění rodinných domů, ale uvádím i problematiku vytápění průmyslových objektů. V závěru práce jsem se zmínil o možnosti regulace teplovzdušného vytápění.

Princip teplovzdušného vytápění spočívá v ohřevu cirkulačního a čerstvého vzduchu, který je rozváděn do jednotlivých místností. Otvory ve dveřích nebo stavebních konstrukcích se vzduch dostává do zbylých částí domu. Vzduch je odváděn na chodbách, v kuchyních a koupelnách. Koupelny a záchody nejsou vytápěny teplovzdušně, ale otopnými tělesy nebo elektrickým podlahovým topením. Z kuchyní, koupelen a záchodů je vzduch odváděn mimo budovu. Vzduch z chodby je znovu použit. Pro odstranění přenosu hluku mezi místnostmi se odvod vzduchu v důležitých místnostech neřeší netěsností dveří, ale odsáváním přímo v místnosti.

Teplovzdušné vytápění je vhodné pro použití nízkoteplotních zdrojů tepla, jakým je tepelné čerpadlo. Tepelné čerpadlo může dům nejen vytápět, ale také chladit v teplých dnech. Při použití tepelného čerpadla vzduch-voda (voda-voda, země-voda) ohříváme vzduch nepřímo přes vodní výměník. Výhodou tohoto řešení je, že tepelné čerpadlo nám připraví topnou vodu, kterou používáme na ohřev teplého vzduchu, k vytápění koupelen a záchodů otopnými tělesy a na ohřev teplé užitkové vody. Pro vytápění garáží a dílen v rodinném domě je také vhodné tyto místnosti vytápět otopnými tělesy. Teplovzdušné vytápění těchto prostor je sice také možné, ale jen za předpokladu vytvoření samostatného teplovzdušného systému nebo okruhu odděleného od vytápění obytných místností. Můžeme také použít tepelné čerpadlo vzduch-vzduch. Zde se vzduch ohřívá přímo a není nutný vodní výměník, jako v předešlém řešení. Toto tepelné čerpadlo nám však již nepřipraví topnou vodu, jako v předešlém případě.

Teplovzdušné vytápění umožňuje větrání a kontrolu parametrů vzduchu, což je jeho velkou výhodou. Při větrání navíc využíváme zpětného získávání tepla rekuperačním výměníkem, který nám v zimě pomáhá udržet teplo v budově a v létě nám pomáhá udržet dům chladný. Teplovzdušné vytápění je také vybavováno filtry vzduchu, které zachycují prach a snižují tak prašnost v domě. Tyto důležité výhody jsou u jiných způsobů vytápění buď naprosto nemožné, nebo jen těžko realizovatelné.

15 Seznam použitých zkratk

TUV: Teplá užitková voda

PWM: Pulzně šířková modulace (Pulse Width Modulation)

16 Použité informační zdroje

- [1] Ing. Josef Gruber. Podlahové vytápění kdysi a dnes. . [online]. 2003 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: http://www.spstr.pilsedu.cz/osobnistranky/josef_gruber/clanky/vytap.pdf
- [2] Römische Badekultur. Die-roemer. [online]. [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: <http://www.die-roemer-online.de/index.html?/kultur/badekultur/badekultur.html>
- [3] Kudy přivádět vzduch do místností – od podlahy nebo od stropu? [online]. 05.2013. [cit. 2015-03-21]. Dostupné z: <http://www.atrea.cz/cz/ke-stazeni-vetrani-a-teplovzduzne-vytapeni-rodinnych-domu-a-bytu?oznac=horn%C3%ADho%20a%20doln%C3%ADho%20př%C3%ADvodu>
- [4] Topenářská příručka. Praha: Gas, 2001. ISBN 80-86176-82-7.
- [5] CIHELKA, Jaromír. Vytápění a větrání. Praha: Sntl, 1969.
- [6] Luděk Frkal. Domy chráněné zemí. Brno: Computer Press, 2009. ISBN 978-80-251-2745-2.
- [7] Nová generace rovnotlakých větracích jednotek s cirkulací vzduchu DUPLEX R4. ATREA s. r. o.. [online]. © 1998-2015 [cit. 2015-03-16]. Dostupné z: <http://www.atrea.cz/cz/401.nova-generace-rovnotlakych-vetracich-jednotek-s-cirkulaci-vzduchu-duplex-r4>
- [8] Větrání a vytápění rodinných domů a bytů [online]. 09.2014. [cit. 2015-04-09]. Dostupné z: http://www.atrea.cz/img/obytneduplex_r4_cz/files/mobile/index.html#4
- [9] Samostatné vytápění. I.T.I. Works. [online]. © 2012 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://www.itiworke.cz/Produkty/Samostatne-vytapeni.aspx>
- [10] Tepelná čerpadla pro větrání a ohřev teplé vody. Termo komfort. [online]. [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://www.termokomfort.cz/tepelna-cerpadla-vetrani.html>
- [11] TEC 220 TM. TATRAMAT . [online]. © 2014 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://www.tatramat.com/cz/produkty/cz/tepelna-cerpadla-pro-ohrev-vody-cz/tec-220-tm-cz>
- [12] Srdečný, Karel a Jan Truxa. Tepelná čerpadla. Brno: ERA, 2005. ISBN 80-7366-031-8.
- [13] Tepelná čerpadla vzduch – voda. Termo komfort. [online]. [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://www.termokomfort.cz/tepelna-cerpadla-vzduch-voda.html>
- [14] Tepelné čerpadlo NIBE SPLIT 8 set 1. TOP HEAT. [online]. [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://www.nizkenaklady.cz/tepelna-cerpadla-vzduch-voda/tepelne-cerpadlo-nibe-split-8-set-1/>
- [15] VENTA spol. s r.o.. Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch AA SPLIT 18,8kW – HP3AA16. [online]. © 2010 – 2015 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://www.koupelny-venta.cz/32009,tepelne-cerpadlo-vzduch-vzduch-aa-split-18-8kw-hp3aa16.html>

- [16] Tepelná čerpadla země – voda. Termo komfort. [online]. [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://www.termokomfort.cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda.html>
- [17] Tepelná čerpadla ZEMĚ – VODA. Technology Heat s.r.o.. [online]. © 2012 – 2015 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://www.technologyheat.cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda-218667>
- [18] Tepelná čerpadla voda – voda. Termo komfort. [online]. [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://www.termokomfort.cz/tepelna-cerpadla-voda-voda.html>
- [19] Tepelná čerpadla země-voda, voda-voda. Družstevní závody Dražice-Strojírna s.r.o. [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://www.nibe.cz/cs/grafika>
- [20] VODNÍ VÝMĚNÍKY. LLOYD Coils. [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <http://www.lloydcoils.eu/cs/produkty/produkty/water-glycol-coils>
- [21] Kondenzační kotle. Thermona. [online]. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://www.thermona.cz/category/kotle/kondenzacni-kotle>
- [22] Ocelové kotle na pevná paliva. Topenivodaplyn.cz. [online]. © 2012 [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://www.topenivodaplyn.cz/ocelove-kotle-na-pevna-paliva>
- [23] Teplovzdušné rozvody. Obchody na dosach. [online]. 1.3.2015 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: <http://www.nejenkrby.cz/teplovzduzne-rozvody/k-45>
- [24] SONOFLEX OHEBNÉ HADICE. [online]. 1.3.2015 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: <http://sonoflex.cz>
- [25] SONOFLEX 102MM. Grower shop. [online]. 1.3.2015 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: <http://www.grower-shop.eu/sonoflex/642-sonoflex-102mm-10m.html>
- [26] Teplovzdušné vytápění. Turbosolar. [online]. 1.3.2015 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: <http://www.heliostar.cz/teplovzduzne-vytapeni.php>
- [27] Teplovzdušné vytápění. Atrea. [online]. 16.7.2004 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: http://www.heliostar.cz/rd_obecny_popis.pdf
- [28] Mřížky STYLE, KARL. AstraNet.cz. [online]. © 2013 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://kamna.astranet.cz/store/goods-cj042-99-mrizky-style-karl.html>
- [29] Nerez mřížka s přírubou a samotížnou žaluzií . ventilatory.cz. [online]. © 2011 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: http://www.ventilatory.cz/nerez-mrizka-s-prirubou-a-samotiznou-zaluzii-_ventilator_-801.html?zenid=gq1piqq6rjskcfhp5t4kpep8o3
- [30] Kruhová nastavitelná dýza JD. Multi-VAC spol. s r.o. [online]. © 2015 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.multivac.cz/produkty/jd>
- [31] Kruhová Nastavitelná Tryska (Dýza) S Dalekým Dosahem. Pricemania.sk. [online]. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://klimatshop.cz/cs/dyzy-s-dlouhym-dosahem/82-kruhova-nastavitelna-tryska-dyza-s-dalekym-dosahem.html>
- [32] DF-47-23 dýza s dlouhým dosahem. ELEKTRODESIGN. [online]. © 2003–2009 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/df-47-23-dyza-s-dlouhym-dosahem>
- [33] anemostat. krby-stavba.cz. [online]. © 2012 – 2015 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.krby-stavba.cz/anemostat-fi-150>
- [34] Anemostat nawiewny kwadratowy i prostokątny aluminiowy. RDJ Klima. [online]. Listopad 2012 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.rdjklima.pl>
- [35] Vířivé anemostaty. TROX Austria GmbH. [online]. © 2013 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: http://www.trox.cz/cz/products/air_diffusers/swirl_diffusers/index.html
- [36] Anemostat S Pevnými Zaoblenými Lamelami. pricemania.sk. [online]. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://klimatshop.cz/cs/distribucni-prvky/73-anemostat-s-pevnymi-zaoblenymi-lamelami.html>

- [37] Anemostaty na vzduchotechnika. vzduchotechnika. [online]. © 2010 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: http://www.vzduchotechnika-eshop.cz/distribucni-elementy-anemostaty-c-371_372.html
- [38] Nawiewnik kierunkowy . RDJ Klima. [online]. Listopad 2012 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: http://www.rdjklima.pl/pdf/pl-126-katalog_v11.2012.pdf
- [39] Michal Marek. Teplovzdušné rozvody. Kanadská kamna. [online]. 1.3.2015 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: <http://www.kanadskakamna.cz/eshop/teplvzduzne-rozvody.htm>
- [40] Teplovzdušné vytápění krbem. Interiér : Krby. [online]. 1.3.2015 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: <http://www.koumak.cz/krby/teplvzduzne-vytapeni/>
- [41] Teplovzdušné krby. Banador s.r.o. [online]. © 2015 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: <http://www.banador.cz/cz/produkty/teplvzduzne-krby/>
- [42] Typy krbových vložek. Interiér : Krby. [online]. 1.3.2015 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: <http://www.koumak.cz/krby/typy-vlozek/>
- [43] Několik základních informací o konstrukčním systému krbových vložek VATRA. . [online]. 1.3.2015 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: http://www.krb.cz/nekolik_zakladnich_tech_informaci.htm
- [44] Typy krbov. Caminus . [online]. © 2015 [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://krby.caminus.sk/?novinky&clanok=typy-krbov>
- [45] Solární teplovodní kolektory – fototermika. ADP CZ. [online]. © 1997 – 2015 [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: http://tepelna-cerpadla-solary.cz/?page=public&id=solarni_panel&ser=02Typy+solaru
- [46] Kapalinové sluneční kolektory. Topeni-topenari. [online]. [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/solarni-vytapeni/kapalinove.php>
- [47] Sluneční kolektory. Solární vytápění teplovzdušné. [online]. 1.3.2015 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/solarni-vytapeni/teplvzduzne.php>
- [48] Teplovzdušné vytápění – teorie. TRIGAS group. [online]. [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://www.trigas.cz/teplvzduzne-vytapeni-princip.htm>
- [49] TEPLOVZDUŠNÉ JEDNOTKY. MR. [online]. © 2013 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: http://www.danex.cz/teplvzduzne_jednotky.html
- [50] Teplovzdušné agregáty. AbsolutGaz s.r.o.. [online]. © 2009 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.absolutgaz.sk/priemyselne-vykurovanie-teplvzduzne-agregaty>
- [51] Regulátory průtoku vzduchu. Industrial Systems. [online]. © 2010 [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: http://www.vzduchotechnika-eshop.cz/potrubni-elementy-regulatory-prutoku-vzduchu-c-508_980.html
- [52] JAROSLAV Valter. REGULECE V PRAXI aneb jak to dělám já. Praha: BEN, 2010. ISBN 9788073002565.
- [53] PAVELKA Jiří. Výkonová elektronika. Praha: ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03626-6.
- [54] Udělej si (1) – Arduino – jak ovládat „napětí“. MerkurRobot.cz. [online]. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://merkurrobot.cz/?p=1402>
- [55] Regulátor – ovladač CP 18 RD A170283 barva bílá. VENTA spol. s r.o.. [online]. © 2010 – 2015 [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://www.koupelny-venta.cz/23661,regulator-ovladac-cp-18-rd-a170283-barva-bila.html>